

REALIZZAZIONE DI INTERVENTI DI RIPRISTINO E DI OPERE DI DIFESA SUL RIO SALIVOLI NEL COMUNE DI PIOMBINO



PROGETTO DEFINITIVO Relazione Idrologica - Idraulica

Il Progettista
Ing. Giorgio Vannucci

Il Resp. del Procedimento
Ing. Elisa Totti

DATA
Luglio 2018

ELAB.

A1

Sommario

1. GENERALITA'	2
2. STUDIO IDROLOGICO	2
2.1 <i>Introduzione</i>	2
2.2 <i>Bacini idrografici</i>	3
2.3 <i>Afflussi meteorici</i>	4
2.4 <i>Ietogramma di progetto</i>	5
2.5 <i>Perdite idrologiche</i>	5
2.6 <i>Trasformazione afflussi-deflussi</i>	7
2.7 <i>Stima delle portate di progetto</i>	10
3. VERIFICA IDRAULICA.....	18
3.1 <i>Morfologia del Territorio</i>	18
3.2 <i>Coefficiente di scabrezza</i>	18
3.3 <i>Condizioni al contorno</i>	18
4. CONCLUSIONI.....	19
5. ALLEGATO 1 - RISULTATI SIMULAZIONI.....	20

1. GENERALITA'

La presente relazione idrologico - idraulica si riferisce al corso d'acqua denominato Rio Salivoli che scorre nel Comune di Piombino.

L'asta principale del Rio Salivoli ha una lunghezza di circa 3 km su cui insiste un bacino idrografico di 2,65 km².

La parte di monte del corso d'acqua è naturale, visto che scorre in aree prevalentemente boscate e rurali.

Gli ultimi 850 metri circa scorrono in ambito urbano e il corso d'acqua è cementato.

2. STUDIO IDROLOGICO

2.1 Introduzione

Lo studio idrologico è svolto al fine di determinare, nei bacini in esame, le portate e gli idrogrammi di piena nella sezione di chiusura e nelle sezioni particolari del corso d'acqua provocati da eventi pluviometrici di caratteristiche note per vari tempi di ritorno.

Di seguito verranno analizzati i seguenti elementi:

- Definizione degli afflussi meteorici: determinazione della relazione tra altezze e durata di pioggia per un assegnato tempo di ritorno per bacini idrografici in esame;
- Determinazione dello ietogramma di progetto: scelta della durata critica dell'evento e della distribuzione temporale delle precipitazioni;
- Stima delle perdite idrologiche: determinazione della quantità delle perdite, con la conseguente determinazione della pioggia effettiva (o pioggia netta) che rappresenta il volume di acqua che raggiunge per ruscellamento superficiale la rete di drenaggio fino alla sezione di chiusura determinando l'evento di piena.
- Propagazione dell'onda di piena: fenomeno di trasferimento dell'onda di piena lungo il corso d'acqua in modo da poter combinare correttamente e nella giusta quantità le varie onde provenienti dai vari rami della rete.

2.2. Bacini idrografici

Per individuare il bacino idrografico si è utilizzato la cartografia CTR in scala 1:10000 riportante le curve di livello a 10 m.

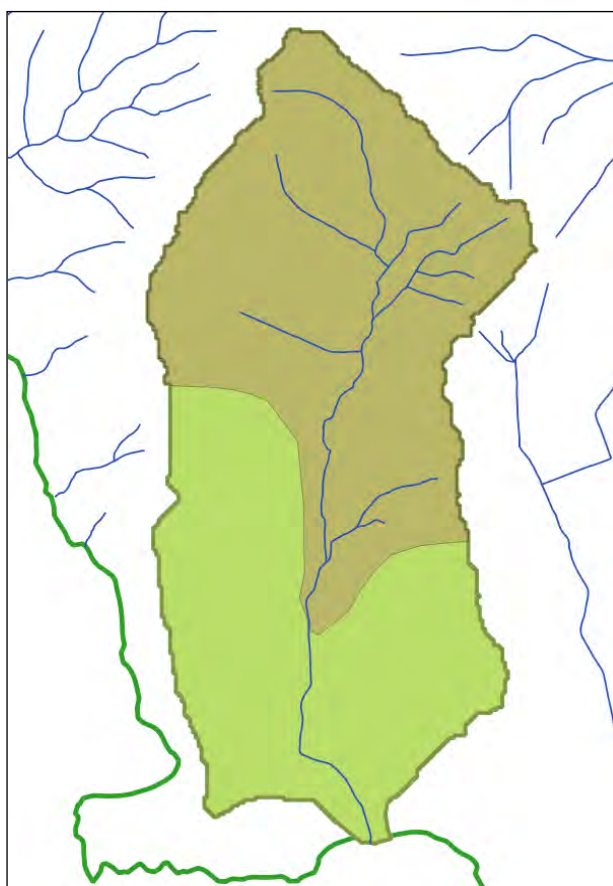
Per il corso d'acqua in esame è stato determinato un bacino imbrifero in corrispondenza di sezioni ritenute importanti per le varie verifiche e progettazioni effettuate.

La **pendenza media** di ogni bacino è stata ottenuta caricando il file DTM denominato "Slope Idrologico" del sito della Regione Toscana all'indirizzo <http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/cartoteca.html>.

Nel caso specifico i vari sottobacini in esame sono i seguenti:

BACINO	S (km ²)	Quota max (m)	Quota min (m)	Pendenza media bacino (%)
1 - Salivoli foce	2,657	260	0	19,08
2 - Salivoli Via S.Quirico	1,513	260	30	23,57

Il reticolo e i due sottobacini sono riportati in figura:



2.3. Afflussi meteorici

Il primo elemento fondamentale nella creazione di un modello idrologico è costituito dalla stima degli afflussi.

La legge che lega l'altezza h di pioggia alla durata t è detta **curva segnalatrice di possibilità pluviometrica**. Per essa sono state proposte varie equazioni, la più semplice e la più adoperata è:

$$h = a \cdot t^n$$

Con a e n costanti (n è sempre minore di 1, crescendo h con t con una legge meno rapida della lineare).

Nel presente studio si sono utilizzati i parametri a ed n forniti per i vari tempi di ritorno, in formato Raster con risoluzione 1kmx1km, dal sito <http://www.regione.toscana.it/-/nuovi-dati-sulla-regionalizzazione-delle-precipitazioni>.

Per ogni bacino con il software QGIS sono stati determinati i valori medi dei parametri a e n che sono stati in seguito utilizzati per determinare l'altezza di pioggia di progetto relativa ad un **tempo di ritorno pari a 200 anni**:

BACINO	a	n
1 - Salivoli foce	77,9	0,319
2 - Salivoli Via S.Quirico	77,7	0,319

Viste le ridotte dimensioni del bacino, le differenze dei parametri sono minime. Perciò si decide cautelativamente di assumere i parametri del bacino 1 anche per la simulazione del bacino 2.

2.4. Ietogramma di progetto

Lo ietogramma indica la variazione dell'intensità della pioggia in funzione del tempo nel corso dell'evento meteorico preso in considerazione.

La determinazione dello ietogramma di progetto per un prefissato tempo di ritorno richiede l'individuazione della durata che, insieme alla distribuzione temporale delle altezze di pioggia stimate dalla corrispondente curva di possibilità pluviometrica, dà luogo alla portata di deflusso massima (durata critica).

È possibile determinare la durata critica utilizzando diverse metodologie in funzione del modello afflussi-deflussi utilizzato. In particolare, nel caso dei metodi empirici tradizionali che si basano sul metodo razionale tale durata è data dal tempo di corrivazione del bacino, mentre nel caso dei modelli idrologici, essa può essere stimata mediante un insieme di simulazioni. Nel presente studio utilizzando il metodo dell'idrogramma unitario del Soil Conservation Service (IUH-SCS) si è dovuto ricorrere al secondo tipo di approccio.

In particolare, sulla base del concetto di evento critico, la determinazione della durata critica mediante simulazione idrologica consiste nell'**effettuare un insieme di simulazioni con un modello afflussi-deflussi avente come dati di ingresso una serie di ietogrammi di pioggia (di tipo triangolare) di durata crescente**, ottenuti distribuendo nel tempo lo spessore di pioggia ricavato dalla CPP relativa ad un determinato tempo di ritorno. All'aumentare della durata dell'evento si ottengono idrogrammi di piena il cui picco assume valori crescenti fino ad un valore massimo dopo il quale iniziano a decrescere.

La **durata dell'evento che corrisponde all'idrogramma con il massimo valore della portata di picco viene assunta come durata critica.**

2.5. Perdite idrologiche

La pioggia netta è quella parte della pioggia totale che dà luogo a deflusso superficiale.

Per determinare l'altezza di pioggia netta si sceglie di utilizzare il **metodo Curve Number (CN)** del Soil Conservation Service (SCS).

È un metodo molto diffuso grazie alla notevole quantità di dati utilizzati per la taratura del modello e calcola istante per istante il quantitativo di pioggia che va a produrre deflusso superficiale, in funzione dei seguenti parametri:

- Tipo di suolo, più in particolare la sua litologia e quindi la permeabilità
- Uso del suolo

Questi parametri, insieme ai valori del CN per i bacini oggetto di studio sono stati ottenuti dallo studio di "Implementazione di modello idrologico distribuito per il territorio toscano" del Prof. Castelli, scaricabili dal sito <http://www.regione.toscana.it/-/implementazione-di-modello-idrologico-distribuito-per-il-territorio-toscano>.

Una volta scaricato, il file è stato "ritagliato" sul bacino ed è stata calcolata la media del CNII per ognuno dei bacini, ottenendo:

BACINO 1: CN =65

BACINO 2: CN=56

Il grado di imbibimento del terreno come si può notare nella tabella Tabella 9 può essere di tre tipi:

- AMC Tipo I: il terreno del bacino risulta asciutto;
- AMC Tipo II: quando il terreno si trova in condizioni intermedie;
- AMC Tipo III: in caso di terreno fortemente imbibito.

Se le condizioni di umidità del suolo all'inizio della pioggia appartiene a una classe diversa da quella standard (AMC II), il parametro CN ottenuto va modificato secondo le indicazioni della seguente tabella:

CLASSE AMC			CLASSE AMC			
I	II	III		I	II	III
100	100	100		40	60	78
87	95	98		35	55	74
78	90	96		31	50	70
70	85	94		22	40	60
63	80	91		15	30	50
57	75	88		9	20	37
51	70	85		4	10	22
45	65	82		0	0	0

In questo studio si decide di considerare una classe di **AMC pari a III**. Perciò i valori del CN utilizzati per il calcolo delle perdite sono:

BACINO 1: CN =82

BACINO 2: CN=74,5

La capacità di ritenzione potenziale S , ovvero l'altezza di pioggia massima immagazzinabile nel suolo in condizioni di saturazione viene determinata con la seguente equazione:

$$S = 25,4 \cdot \left[\left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \right]$$

La perdita iniziale i_a è quella che si manifesta prima dell'inizio dei deflussi superficiali:

$$i_a = \beta \cdot S$$

Dove β è un coefficiente adimensionale che varia tra 0.1 e 0.2 ; sulla base di studi sperimentali relativi a numerosi bacini statunitensi il SCS suggerisce $\beta=0,2$

Da cui risulta:

BACINO 1: $i_a = 11,15$

BACINO 2: $i_a = 17,39$

2.6. Trasformazione afflussi-deflussi

Per la determinazione delle portate di piena, che si vengono a verificare nelle varie sezioni di chiusura, nel caso in cui non si abbiano a disposizione misure dirette di portata di piena sufficienti per un'analisi probabilistica diretta si ricorre a modelli di trasformazione afflussi-deflussi.

Questi modelli si propongono di fornire una descrizione matematica dei processi idrologici che si svolgono nel bacino idrografico considerandolo come un sistema soggetto ad un ingresso, l'intensità di pioggia, e ad un'uscita, rappresentata dall'andamento della portata nel tempo $Q(t)$ defluente attraverso la sezione di chiusura. Data la complessità dei fenomeni e delle relazioni che influenzano e descrivono il comportamento reale di un bacino, si introduce un sistema modello che ne approssima il comportamento reale attraverso alcune semplificazioni.

Verà utilizzato il **metodo dell'idrogramma unitario istantaneo (IUH)**.

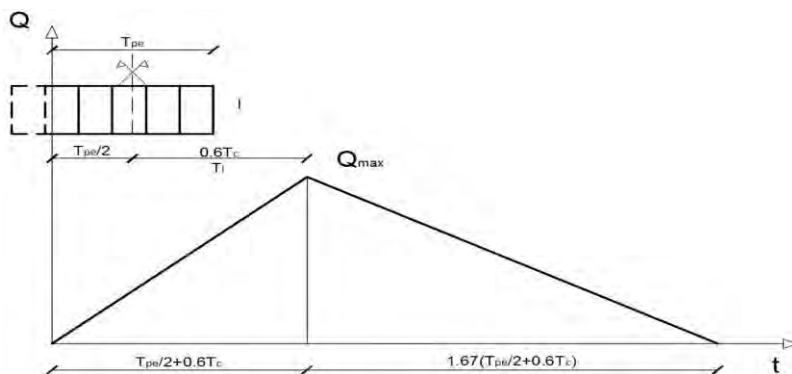
Questo metodo si può considerare come un perfezionamento dell'idrogramma unitario (UH).

Si considera un'ipotetica pioggia efficace di altezza unitaria ed intensità costante, distribuita uniformemente sul bacino, e caduta in un intervallo di tempo unitario simulando quindi un'immissione di tipo impulsivo.

La risposta $Q(t)$ ad una sollecitazione meteorica di intensità $p(t)$ variabile nel tempo, ma supposta costante su tutti i punti del bacino, può essere stimata mediante numerosi approcci, tra cui il metodo dell'invaso lineare, il metodo di Nash, il metodo geomorfologico, oppure come in questo studio facendo ricorso **all'idrogramma unitario del SCS**.

L'idrogramma unitario SCS è un idrogramma di tipo sperimentale ottenuto dal Soil Conservation Service sulla base di registrazioni di piogge ed idrogrammi di piena di un gran numero di piccoli bacini agricoli strumentati. Questo è un idrogramma adimensionale con un singolo picco, che esprime la portata istantanea Q_t come frazione della portata di picco Q_{max} in funzione del rapporto tra l'istante t e il tempo di picco T_p .

Questo IUH è caratterizzato dal fatto che il 37.5% del suo volume si ha prima dell'istante di picco mentre i valori della portata di picco e dell'istante T_p sono stati ricavati adottando un modello semplificato sono stati ricavati adottando un modello semplificato di idrogramma triangolare di base $(2,67 * T_p)$ come riportato in figura:



Il metodo si basa sul calcolo del “lag time”, lo sfasamento temporale tra il picco dell'idrogramma ed il baricentro dello ietogramma di pioggia che lo ha prodotto, calcolabile con relazione:

$$T_l = 0,6 \cdot t_c$$

T_l : Lag time (ore)

t_c : tempo di corrivazione (minuti), che si calcola con la relazione:

$$t_c = \frac{100 \cdot L^{0,8} \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7}}{1900 \cdot i^{0,5}}$$

L : lunghezza del tratto più lungo (ft)

i: pendenza media del bacino (%)

CN : Curve Number

Per i bacini oggetto di studio abbiamo ottenuto i seguenti risultati:

BACINO	L (km)	i (%)	CN	T_c (minuti)	T_l (minuti)
1 - Salivoli foce	3,63	19,08	82	49,5	29,7
2 - Salivoli Via S.Quirico	2,78	23,57	74,5	45,2	27,1

Con questo metodo, come spiegato in precedenza non è possibile conoscere a priori il tempo di pioggia critico, ovvero quello che dà la portata massima.

Per questo motivo si assumono diverse durate di pioggia crescenti fino a trovare quella che dà il deflusso massimo.

2.7. Stima delle portate di progetto

Si è deciso di utilizzare un modello idrologico di **tipo concettuale e semidistribuito, implementato mediante il software americano HEC-HMS.**

Il modello idrologico scelto è in sintesi un modello di simulazione dell'evento critico avente le seguenti caratteristiche:

- Dati di pioggia da CPP;
- Durata critica determinata con procedimento iterativo in modo da massimizzare il valore della portata al colmo;
- Ietogramma triangolare;
- Stima dell'infiltrazione mediante il metodo CN-SCS assumendo il valore CN (III);
- IUH del SCS

BACINO 1

$$h=77,9 \cdot t^{0,319}$$

I risultati ottenuti dalla simulazione in HEC-HMS sono riassunti nella seguente tabella:

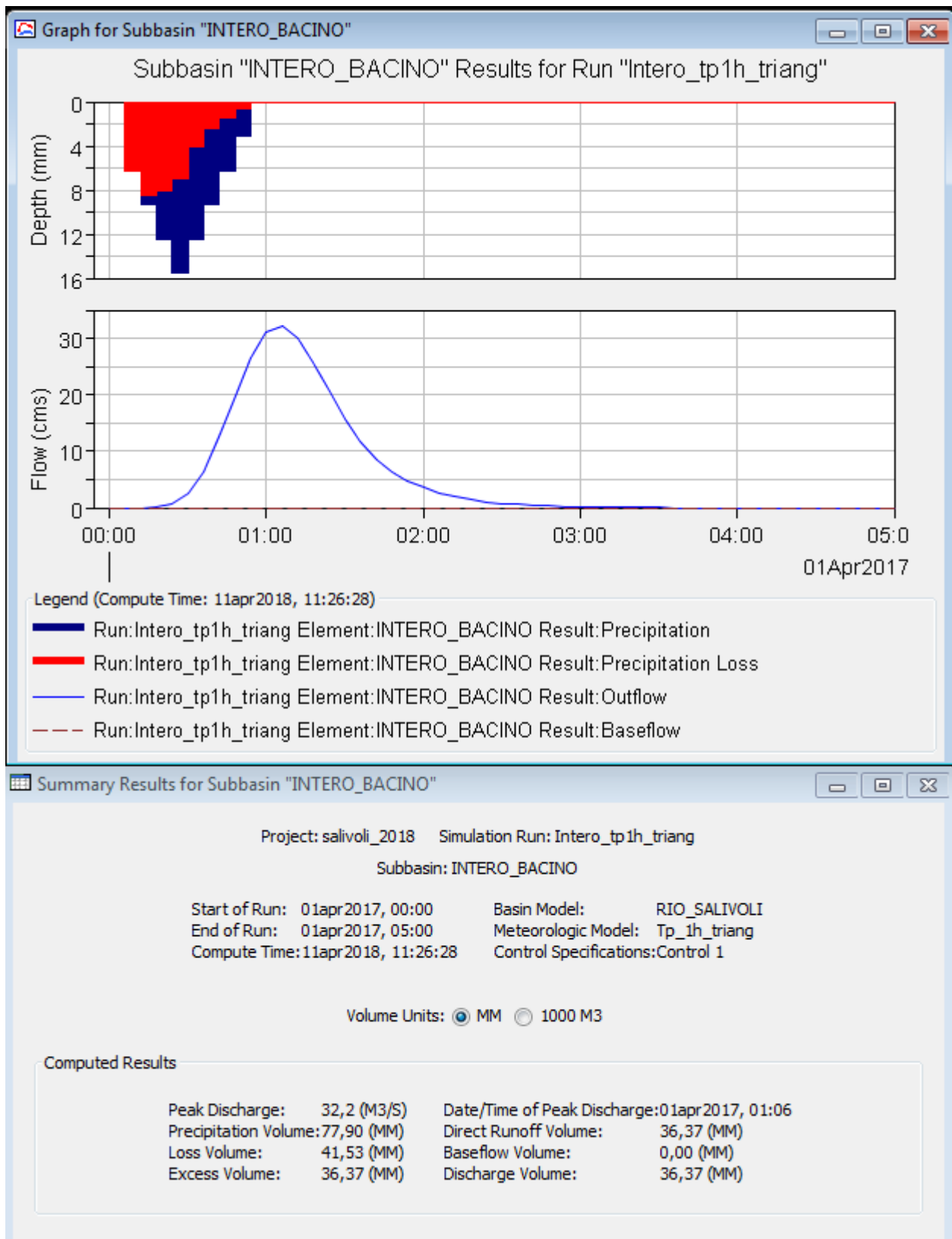
Tp (ore)	h (mm)	Qmax (mc/s)
1	77,9	32,2
2	97,2	33,2
3	110,5	30,4

La pioggia avente $t_p=2h$ risulta essere la pioggia critica, essendo quella che genera la maggior portata di deflusso.

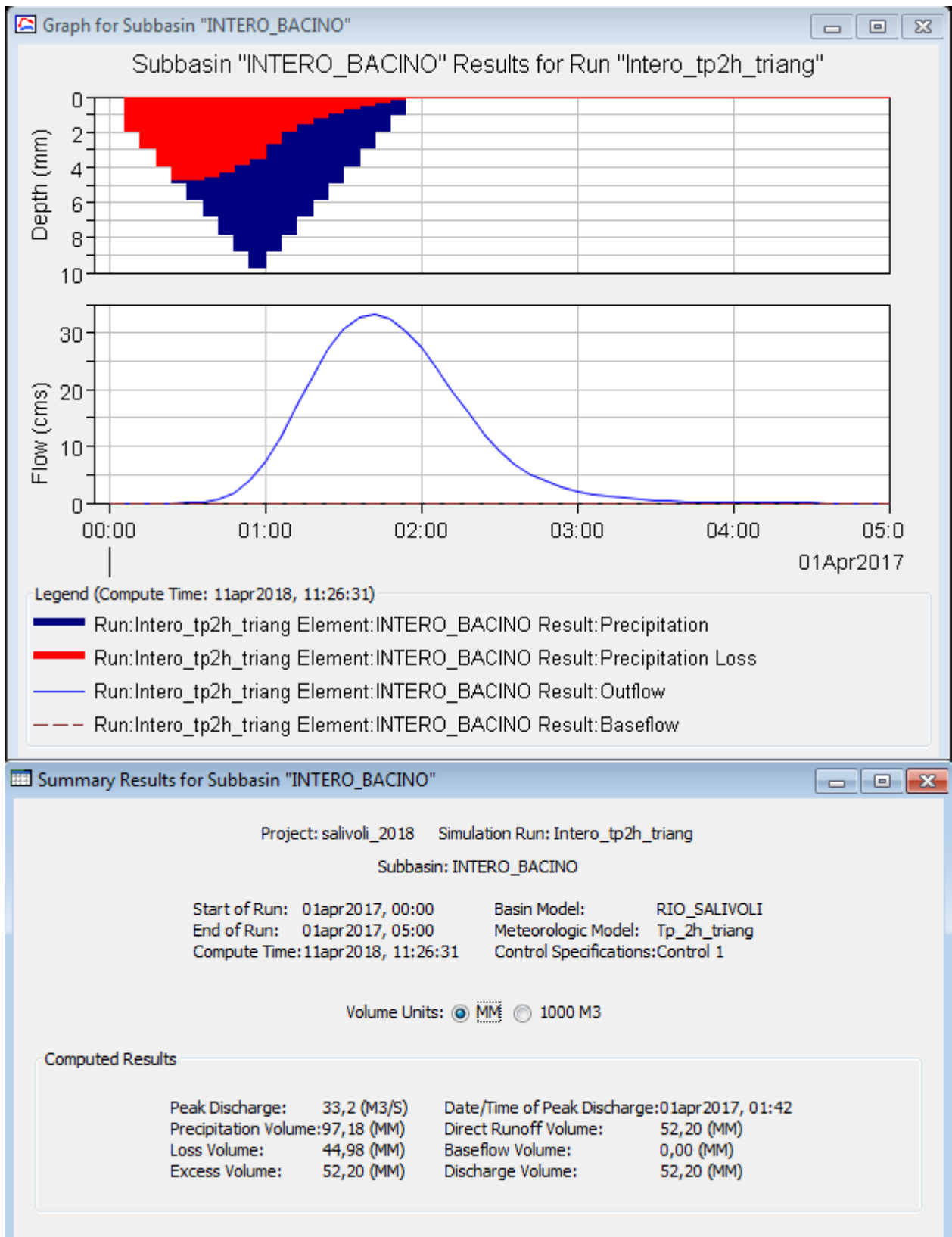
Il valore di portata utilizzato per la simulazione idraulica è pari a **34 mc/s.**

Di seguito si riportano le tabelle ed i grafici ottenuti dalle simulazioni:

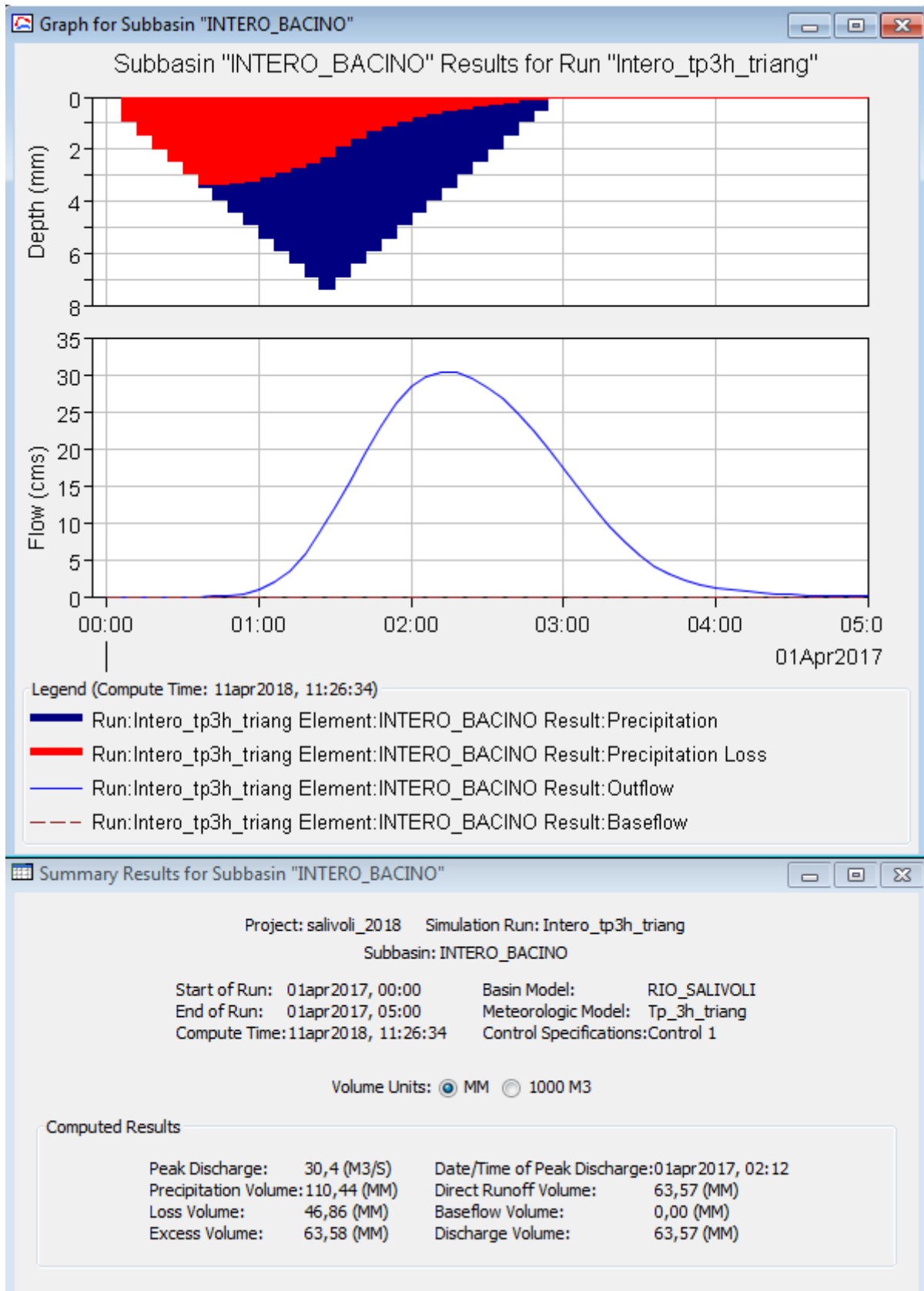
Tp = 1h



Tp = 2h



Tp = 3h



BACINO 2

$$h=77,9 \cdot t^{0,319}$$

I risultati ottenuti dalla simulazione in HEC-HMS sono riassunti nella seguente tabella:

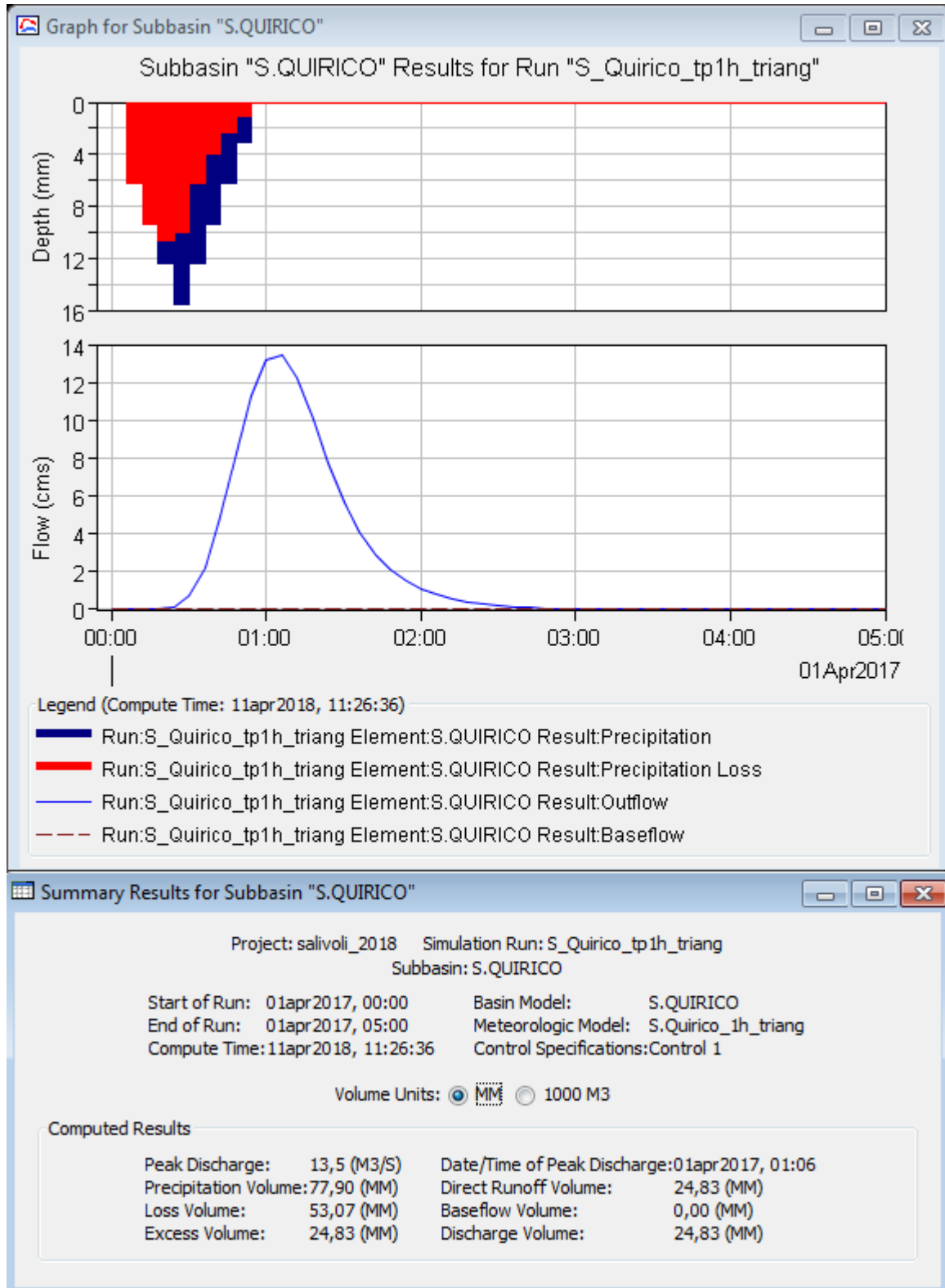
Tp (ore)	h (mm)	Qmax (mc/s)
1	77,9	13,5
2	97,2	14,8
3	110,5	13,8

La pioggia avente $t_p=2h$ risulta essere la pioggia critica, essendo quella che genera la maggior portata di deflusso.

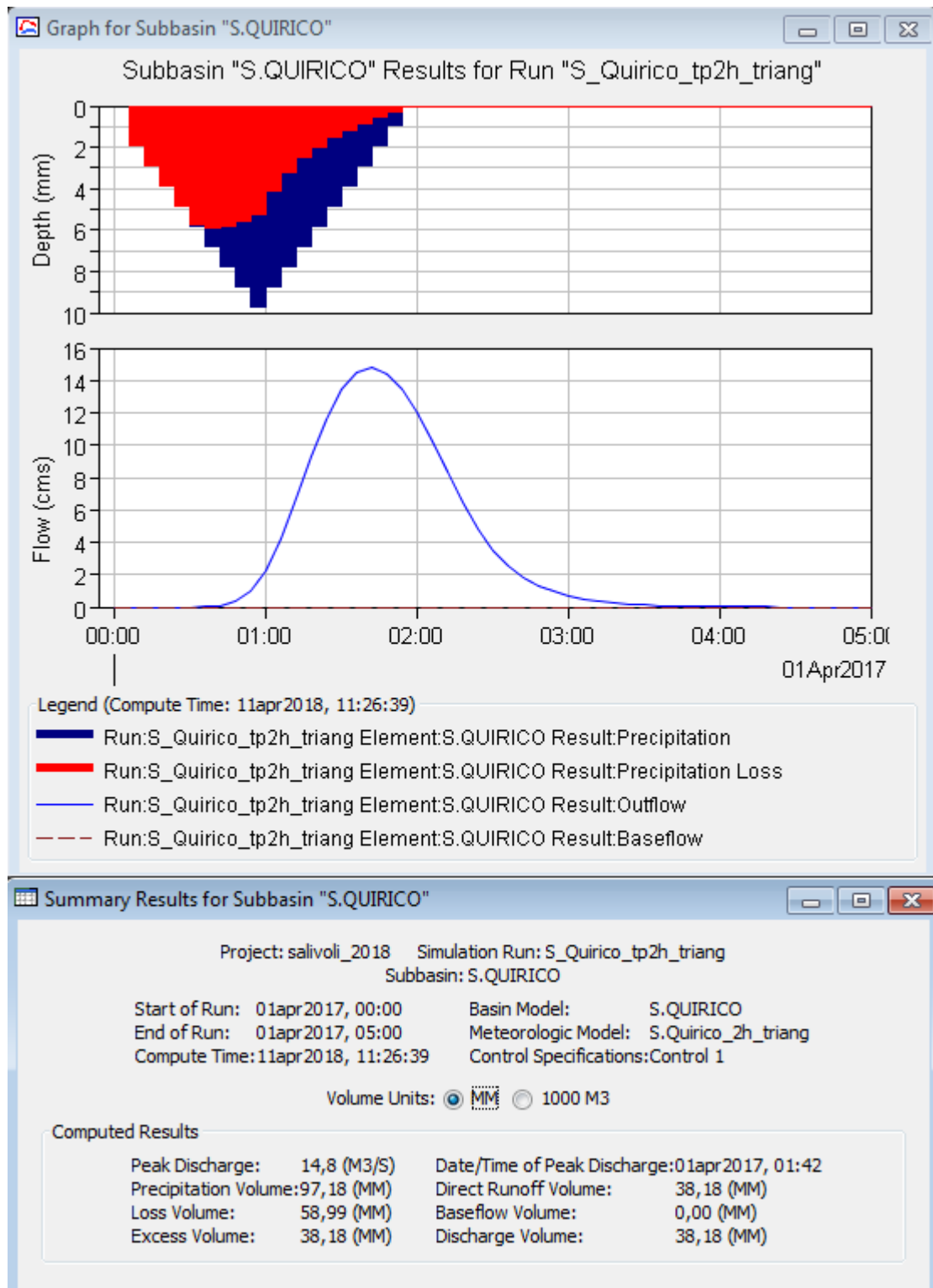
Il valore di portata utilizzato per la simulazione idraulica è pari a **15 mc/s**.

Di seguito si riportano le tabelle ed i grafici ottenuti dalle simulazioni:

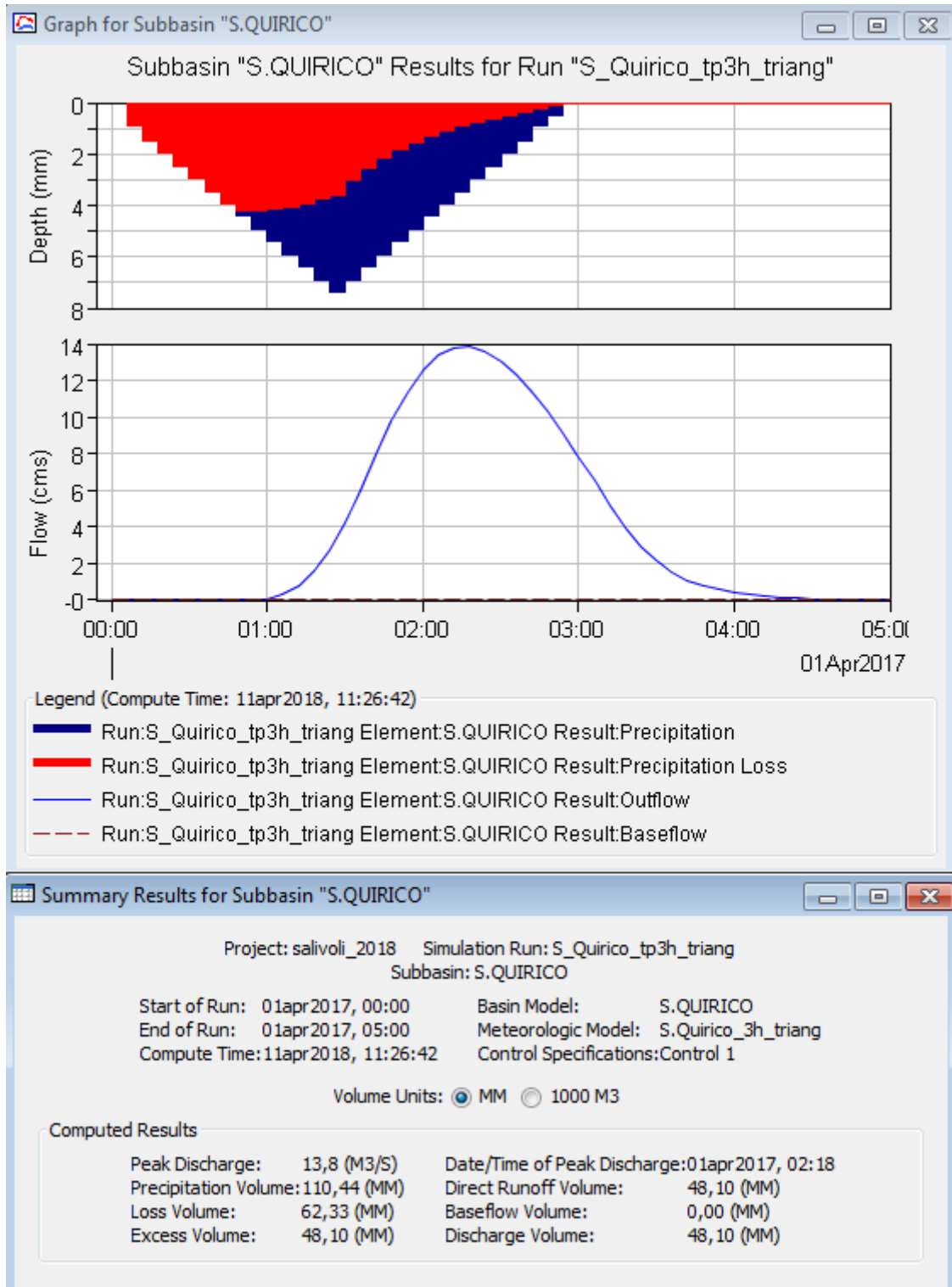
Tp = 1h



Tp = 2h



Tp = 3h



3. VERIFICA IDRAULICA

La verifica idraulica è stata effettuata mediante il software di calcolo HEC-RAS 5.0.3 (Hydrologic Engineering Center – River Analyses System) prodotto dal Corpo degli Ingegneri dell'Esercito Americano, secondo lo schema di moto permanente monodimensionale.

È stata effettuata la simulazione avente tempo di ritorno pari a 200 anni.

3.1. Morfologia del Territorio

La morfologia del territorio è stata ricostruita sulla base di un rilievo topografico ottenuto mediante volo e GPS, la cui restituzione è rappresentata nella Tavola “*Sezioni utilizzate per la modellazione idraulica*”.

3.2. Coefficiente di scabrezza

Parametro fondamentale per la modellazione dell'alveo all'interno del solutore adottato, è costituito dal coefficiente di scabrezza di Manning, che è stato assunto pari a:

$n = 0,035$ (sponde con presenza di vegetazione)

$n = 0,035$ (tratti del corso d'acqua naturale e tratti rivestiti in cattivo stato)

$n = 0,020$ (tratti del corso d'acqua artificiale rivestito in cls, in buono stato)

3.3. Condizioni al contorno

Per consentire l'avvio della simulazione di deflusso, è necessario introdurre le condizioni al contorno definite dalla pendenza della linea dell'energia in condizioni di deflusso in moto uniforme, per la sezione posta a monte dell'intero tratto preso in analisi, e dell'altezza liquida nota dove il corso d'acqua sfocia in mare.

Da considerazioni fatte sulla base del profilo longitudinale nel tratto considerato e sul livello medio del mare, si è assunta:

- Pendenza della linea dell'energia: $i = 0,017$ m/m

- “Known Water Surface” (altezza liquida nota) = 0,70 m

4. CONCLUSIONI

I risultati della simulazione sono riportati nell'*Allegato 1*, dove è possibile visualizzare:

- PLANIMETRIA
- SEZIONI con livello idrico
- PROFILO LONGITUDINALE con livello idrico
- TABELLA DEI RISULTATI

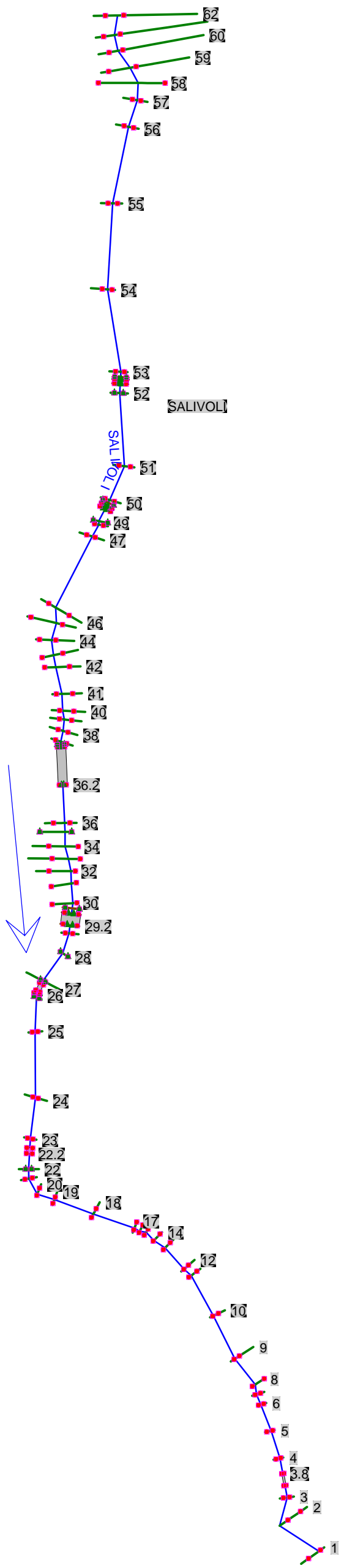
I risultati evidenziano che il Rio Salivoli risulta essere sufficientemente dimensionato per la portata 200ennale.

Infatti in tutte le sezioni il livello liquido è inferiore alla quota arginale, fatta eccezione per la sezione 4 dove in sinistra idraulica si ha una tracimazione di modesta entità.

Anche i ponti hanno una sezione adeguata, in quanto in nessun attraversamento si verifica sormonto della lama d'acqua o funzionamento in pressione.

Concludendo, sulla base del presente studio, sul Rio Salivoli sono da prevedere interventi di ripristino delle opere danneggiate dagli eventi di ottobre 2015 e stabilizzazioni del fondo alveo ove necessario.

5. ALLEGATO 1 - RISULTATI SIMULAZIONI



1 cm Horiz. = 45 m 1 cm Vert. = 15 m

SALIVOLI SALIVOLI

Legend	
EG PF 1	
WS PF 1	
Crit PF 1	
Ground	
Left Levee	
Right Levee	

